

算数教育におけるテクノロジーを活用した 教材の開発に関する研究

—シンガポールの事例をもとに—

坂井 武 司

(教育学科教授)

赤井 秀 行

(堺市立竹城台小学校教諭)

本研究では、学習用具としてのテクノロジーの活用 zu 焦点を当て、OZOBOT を活用したシンガポールの3つの事例をもとに、日本のカリキュラムに適応した算数科における教材開発を行った。また、プログラミングロボットとしての OZOBOT の特性を生かし、平均の速さを理解する教材の開発を行った。さらに、第6学年の「拡大図・縮図」の単元において授業実践を行った。授業実践の効果を検証した結果、テクノロジーの活用が算数科の深い学びにつながるということが明らかになった。また、深い学びとなるためには、テクノロジーを用いた解決過程を既習内容と関連付けたり捉え直したりすることの必要性も示唆された。

キーワード：算数教育、テクノロジー、ICT、シンガポール、教材開発

1. はじめに

2020年度より、新学習指導要領に基づいた教育活動が小学校で本格的に実施されている。高度情報化社会に対応する情報活用能力の育成に配慮し、コンピュータや情報通信ネットワークを適切に活用した学習活動の充実や教材・教具の適切な活用等、教育活動へのテクノロジーの活用が求められている。テクノロジーとは、科学技術と訳されるが、ここでは、「科学的知識に基づいて開発された機器やシステム」を含めて用いる。したがって、IT 機器や ICT 機器はテクノロジーに含まれる。

授業へのテクノロジーの活用には、教師による活用と学習者による活用とがある。教師による活用には、コンピュータや電子黒板等の教具としての活用、オンライン教材やデジタル教科書等の教材としての活用、オンラインミーティングシステム等のコミュニケーション方法としての活用がある。学習者による活用には、タブレット端末やプログラミングロボット等の学習用具としての活用、e-learning システム等の学習方法としての活用がある。

主体的・対話的で深い学びの視点からの授業改善が求められる中、各学校の ICT 環境整備にともない、教具やコミュニケーション方法としてのテクノロジーの活用が進んでいる。2020年は、新型コロナウイルス感染拡大防止のための臨時休校により、オンライン授業の導入やオンライン教材の開発、e-learning による家庭学習が進み、教育におけるテクノロジーの活用が加速した。しかし、学校で実施すべき教育として、テクノロジーの特性を生かし、学習用具として活用することにより、従来の学習内容に対する異なる視点からのアプローチが可能となり、深い学びにつながると考えられる。ここに、テクノロジーを学習用具として活用した教材開発の意義があると考えられる。そこで、本研究では、学習用具としてのテクノロジーの活用 zu 焦点を当て、教育へのテクノロジーの活用に関して先進的であるシンガポールの事例を参考に、日本のカリキュラムに適応した算数科における教材開発を行うことを目的とする。

2. テクノロジーに関する先行研究

(1) テクノロジー活用の動向—日本—

「ITで築く確かな学力」の報告書（初等中等教育におけるITの活用の推進に関する検討会議，2002）において，教育の情報化の方向性が示されて以降，学校におけるICT環境整備が進められ，教員のICT活用指導力の育成やICT支援員によるサポート体制等の教育の情報化のための条件整備がなされてきた。その後，フューチャースクール推進事業（総務省，2014）や学びのイノベーション事業（文部科学省，2014），「教育の情報化ビジョン」（文部科学省，2011）により，教育の情報化の展望が具現化され，デジタル教科書が普及するとともに，個別学習や協働学習へのタブレット端末の利用によるテクノロジー活用の日常化が進んだ。教員のICT活用指導力だけでなく，児童・生徒の情報活用能力の育成に焦点が当たるようになり，児童・生徒がテクノロジーを活用して学習する授業への転換が求められた。また，GIGAスクール構想の実現ロードマップ及び実現パッケージ（文部科学省，2019）が示され，1人1台の端末の活用により，教科の学びを深め，教科の学びの本質に迫ることが求められている。

(2) テクノロジー活用の動向—シンガポール—

シンガポールでは，これまで3期に分けて，テクノロジーの教育への活用が進められてきた。第1期：マスタープラン1（1997年～2002年）では，インフラ整備，教材ソフトの開発，教員のICT活用スキルの形成に向けたICT研修等，教育の情報化のための条件整備がなされた。

第2期：マスタープラン2（2003年～2008年）では，フューチャースクールのモデル校が設置され，ICTカリキュラムの開発により，児童・生徒のICT活用スキルの形成に向けた教育の情報化の具現化が進められた。マスタープラン2において，以下のような児童・生徒が習得すべき基準が設定された。

- ① 基本的なICT操作
- ② 検索を通じた学習
- ③ 文章を通じた学習

- ④ マルチメディアを通じた学習
- ⑤ 表計算ソフトを用いた学習
- ⑥ コミュニケーションツールを用いた学習
- ⑦ データ収集ツールを用いた学習

第3期：マスタープラン3（2009年～2014年）では，ICTを活用して，Self-Directed Learning（自己学習）とCollaborative Learning（協働学習）を実現できる能力の育成が焦点となり，ICTのカリキュラム・評価・教育方法との融合が進められ，児童・生徒の基準到達が重視されるようになった。

そして，現在は第4期に位置し，マスタープラン4（2015年～）では，自立したデジタル人材の育成に向け，ICT活用による質の高い学習の確立と，ICTを活用した指導法や学習方法の形成が目指されている。

(3) 学習用具としてのテクノロジーの活用

算数教育・数学教育では，作図ツール，関数ソフト，表計算ソフト等のPCを活用した学習用具としてのテクノロジーがある。算数科・数学科におけるScratch等を用いたプログラミング教育の導入もあり，算数科・数学科の授業へのPCやタブレットの活用は加速している。このようなテクノロジーを活用することにより，教科書では静的にしか捉えることができなかった事象も，動的に捉えることができるようになるという意味では，その効果は大きい。しかし，小学校におけるプログラミング教育の場合，仮想現実として，コンピュータの画面上でプログラミングを実行するよりも，現実として，プログラミングによりロボットを作動させる方が，プログラムの働きのよさを実感しやすい（坂井武司・赤井秀行，2020）と考えられることと同様に，算数科・数学科においてテクノロジーを活用する場合も，算数・数学と現実世界の事象とのつながりに着目した実験・実測のための学習用具としての活用も望まれる。

このようなテクノロジーの活用は，数学的モデリングと関係しており，グラフ電卓と距離センサーを用いた研究が，いくつか報告されている（佐伯昭彦 他3名，2013；佐伯明彦 他4名，

2013, 川上貴 他5名, 2015; 川上貴 他4名, 2015; 川上貴, 2016)。

3. シンガポールの事例をもとにした教材開発

(1) 学習用具としての OZOBOT の特性

2019年にシンガポールの Montfort Junior School を訪問した際に、算数科ブロック別研修会に参加する機会があった。この研修会において、図1に示す OZOBOT というプログラミングロボットを学習用具として活用した3つの教材を体験した。



図1 OZOBOT

OZOBOT はタブレット PC を必要としないアンプラグド型プログラミングロボットである。OZOBOT は幅5mmほどの線にそって等速で動き、3色のカラーコードを読み取ることにより、直進・左折・右折・停止等のプログラムに対応した動きをする。プログラムがない場合は、ランダムに線上を動く。等速で動く場合、移動距離と移動時間は比例するため、これまで「長さ」を用いて比較したり関係を捉えたりしていた教材において、OZOBOT を用いることにより、「長さ」を「時間」に変換してアプローチすることが可能になる。これが、テクノロジーとしての OZOBOT の特性を生かした教材開発につながる。ここで重要なことは、テクノロジーを活用することにより、教材の本質に迫るための異なる視点からのアプローチにつながることである。

シンガポールでの算数科ブロック別研修会において体験した3つの教材は全て、プログラミングロボットとしてではなく、線にそって等速で動くという OZOBOT の特性を生かした教材であった。教材の単元は、日本のカリキュラム

においては、第1学年の「おおきさくらべ」、第5学年の「円周の長さ」、第6学年の「拡大図と縮図」と関連するものである。以下に、3つの教材の事例を解説するとともに、改善点について考察し、日本の算数科カリキュラムに適した教材開発を行う。

(2) 第1学年「おおきさくらべ」での活用

①シンガポールでの教材の事例と改善点

図2に示す教材は、3つのコースの内、どのコースが一番長いかを判断するものである。コースが曲線であるため、ものさしを用いて長さを比べることは難しい。コースの線にそってひもを置き、長さを写し取って比べることができるが、手間がかかる。そこで、OZOBOT を用いることにより、スタートからゴールまでに一番時間がかかったコースが、一番長いコースと判断することをねらいとしている。

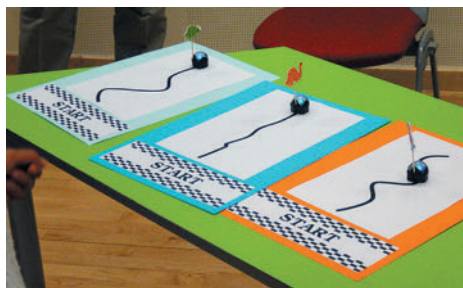


図2 ながさくらべ

この教材では、等速で動くことを前提としているため、この事実の認識が重要である。そこで、同じ長さの直線コースを同時にスタートさせ、同じ速さで進み、同時にゴールする様子を確認する活動が必要である。

②日本のカリキュラムに適した教材開発

日本の第1学年の教科書にも図3のような題材があるので、OZOBOT の活用による「時間を用いた間接比較」の一つとして、教材化は可能である。しかし、第1学年の児童にとって、速さの概念は理解しにくいと考えられるため、「同じ速さで進むから、コースが長いとそれだ

け時間もかかる」というような判断理由の説明が重要である。

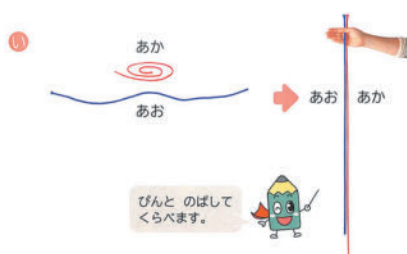


図3 第1学年の題材（啓林館）

また、判断理由の意味を共有できるように、異なる長さの直線コースを同時にスタートさせ、同じ速さで進み、短いコースの方が先にゴールする様子（長いコースの方が後にゴールする様子）を確認する活動が必要である。この活動を通して、速さ一定の場合における距離と時間の関係に着目した深い学びにつながると考えられる。速さは第5学年の学習内容であるが、「簡単な場合の速さ」に関する教材として、第1学年に位置付けることができると考えられる。OZOBOT はカラーコードを用いたプログラミングにより、速さを変えることができるので、距離一定の場合における速さと時間の関係や時間一定の場合における距離と速さの関係に着目した学びを、「簡単な場合の速さ」に関する教材として、第2学年以降に位置付けることもできると考えられる。

(3) 第5学年の「円周の長さ」での活用

①シンガポールでの教材の事例と改善点

図4に示す教材は、円周の長ささと直径の長さの比率である円周率を求めるものである。等速で動く OZOBOT を用いることにより、円周の長ささと直径の長さの比を、円周を進むためにかかった時間と直径を進むためにかかった時間の比として捉えることをねらいとしている。

図5のような円と一辺の長さが円の直径と等しい正方形が示されたシートを用意する。このとき、円と正方形のそれぞれについて大・中・小の3種類を準備する。OZOBOT が、大・

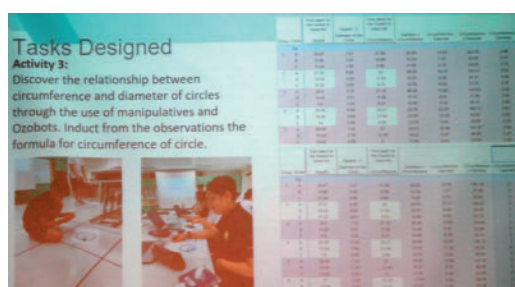


図4 円周の長ささと直径の長さの関係

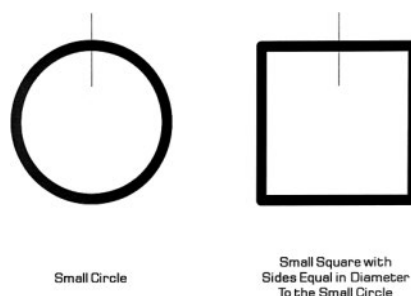


図5 円と正方形の図

(1) Type of Circles (Smallest to biggest)	(2) Time taken for the Ozobot to move 1 round	(3) Types of Squares	(4) Time taken for the Ozobot to move 1 round	(5) Divide Column (4) by 4	(6) Divide (2) by (5)
Small Circle		Small Square			
Medium Circle		Medium Square			
Large Circle		Large Square			

図6 円周と直径に関する時間の比

中・小それぞれの円や正方形の周りを進むためにかかった時間をストップウォッチで計測する。円の直径が正方形の一辺と同じ長さであることをもとに、図6のような表に結果をまとめる。この活動により、直径の長さに関係なく、「円周を進むためにかかった時間」÷「直径を進むためにかかった時間」の値は、おおよそ3.1…であることを帰納的に捉えることができる。

この活動を通して、児童は、「円周と直径を進むためにかかった時間の比は一定である」と理解していると考えられる。そのため、OZOBOT が等速で動くという前提をもとに、

移動時間と移動距離が比例していることを確認し、「円周と直径の長さの比は一定である」と捉え直す必要がある。

②日本のカリキュラムに適応した教材開発

日本の第5学年の教科書にも図7や図8のような題材があるので、円周率を求めるための異なるアプローチとして、教材化は可能である。また、2020年度から、速さの学習が第5学年に移行したため、速さについて既習であれば、移動時間と移動距離が比例していることを捉えることに問題はないと考えられる。このような捉え直しにより、異なる単元での学習を関連付ける深い学びにつながると考えられる。OZOBOTはカラーコードを用いたプログラミングにより、速さを変えることができるので、同じ円周の長さを普通のスピードの等速で進む場合と速いスピードの等速で進む場合を比較し、どちらの場合でも、「円周と直径を進むためにかかった時間の比は一定である」ことを捉えることも可能である。この活動もまた、一般化の考えを働かせた深い学びにつながると考えられる。

● 直径4cmの円について、円周を調べてみましょう。

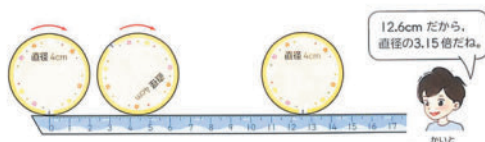


図7 第5学年の題材（啓林館）

▶ 身のまわりのいろいろな大きさの円の円周と直径の長さの関係を調べましょう。



図8 第5学年の題材（学校図書）

(4) 第6学年の「拡大図と縮図」での活用

①シンガポールでの教材の事例と改善点

図9に示す教材は、縮図である地図をもとに実際の道のりの長さを求めるものである。地図

上の直線距離を測ることは容易であるが、地図上の道のりの長さを測ることは容易ではない。そこで、線に沿って秒速3.2cmで動くOZOBOTを用いることにより、地図上の道のりを進むためにかかった時間から地図上の道のりを求め、縮尺をもとに実際の道のりを判断することをねらいとしている。

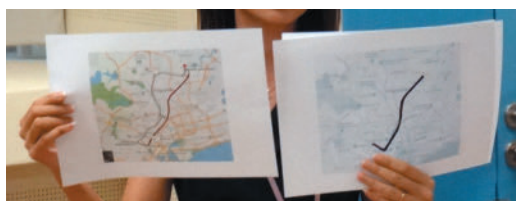


図9 地図上の道のり

この教材では、速さが一定である場合、時間と道のりは比例することを前提としており、一定であるOZOBOTの速さが分かっている必要はない。そのため、地図とは別に、OZOBOTの速さを求める活動が必要になる。また、実測した地図上の道のりを進むためにかかった時間には誤差が含まれており、その時間を用いて求められた地図上の道のりにも誤差が含まれる。そのため、縮尺が小さい場合、実際の道のりを判断する際にかなり大きな誤差が含まれていることを考慮しなければならない。例えば、1/10000の縮図で、OZOBOTの速さが秒速3.2cmであるとすると、OZOBOTを用いて0.1秒の誤差があった場合、実際の道のりでは32mの誤差が生じることになる。

②日本のカリキュラムに適応した教材開発

日本の第6学年の教科書にも、図10のような実際の直線距離を求める題材があるので、発展教材として位置付けることは可能である。この教材を用いた授業展開は①～④のようになる。

- ①直線上を進むOZOBOTの速さを求める。
- ②地図上の道のりを進むためにかかった時間を測定する。
- ③かかった時間とOZOBOTの速さをもとに、地図上の道のりを求める。



図10 第6学年の題材（啓林館）

④地図の縮尺をもとに、実際の道のりを求める。

しかし、この教材は、問題解決の過程が、地図上の道のりを求める段階と実際の道のりを求める段階の2つに分かれており、拡大・縮小、比、比例、速さといった多くの既習内容を関連付ける必要があるため、児童にとってはハードルが高いと考えられる。そこで、時間と道のりは比例することを前提に、地図上の道のりを進むためにかかった時間を地図上の道のりに捉え直す過程や、縮尺をもとに、地図上の道のりを実際の道のりに捉え直す過程における図・表・グラフ等を用いた説明が重要である。このような対話的な学びを通して、速さと比・比例の学習のつながりや、比、比例と拡大・縮小の学習のつながりに対する理解を深めることができると考えられる。

4. OZOBOT を活用した新たな教材開発

上記の OZOBOT の活用事例は全て、線にそって等速で動くという OZOBOT の特性を利用して、「長さ」を「時間」に変換してアプローチする方法が用いられていた。ここでは、OZOBOT がカラーコードを用いたプログラミングにより、速さを変えられることができるというプログラミングロボットとしての特性を利用した教材開発を行う。

(1) 教材開発の目的

速さには「平均の速さ」と「瞬間の速さ（速

度)」があるが、小学校で学習する速さは平均の速さである。それゆえ、平均の学習のあとで単位量あたりの大きさの学習があり、単位量あたりの大きさの一つとして速さが導入される。しかし、「速さ＝道のり÷時間」と形式的に捉えることに留まり、平均の速さという概念を理解していない児童が多いと考えられる。「分速80mで家から学校まで歩きます」という条件のもとでは、歩き始めた瞬間から学校に到着する瞬間まで、分速80mの速さで歩いていることを意味する。しかし、現実世界の場面では上り坂であれば、歩くスピードは遅くなるだろうし、心地よい風が吹けば、歩くスピードも速くなるだろう。このように、現実世界の場面では速さは一定ではないのが普通である。この状況を算数の舞台にのせる過程で理想化・単純化の考えにより、平均の速さを利用しているのである。したがって、速さを平均化する必要性を実感するとともに、速さを平均化することは、一定の速さ（同じ速さ）で進んでいると考えることであると理解できる教材開発が望まれる。

(2) OZOBOT を活用した教材

速さは、道のりと時間という異種の量の商として表されるため、速さの比較において、道のりと時間のどちらか一方の量が等しい場合、他方の量の大小比較により、どちらが速いかを判断することができる。しかし、道のりも時間も異なる場合は、どちらか一方の量を公倍数や単位量あたりの大きさを用いて揃える必要がある。このように、単位量あたりの大きさとしての速さの必要性を実感するために、モーターで動く速さの異なる乗り物2台を用いて、異なる長さのコースを走るためにかかる時間を測定することがある。この場合、モーターで動く乗り物は、ほぼ等速で進んでいると考えられるため、平均の速さの必要性には気付くことができない。そこで、図11のように、カラーコードにより速さを変化させるプログラミングを施した OZOBOT 用のコースシートを用いる。コース上の「赤黒赤」のコードは通常より遅いスピード（通常の約0.6倍のスピード）、「青黒青」の

コードは通常より速いスピード（通常の約1.6倍のスピード）、[緑黒緑]のコードは通常のスピードで進むためのコードである。



図11 OZOBOT 用コースシート

2つの異なるコースシート上を進む2台のOZOBOTの観察を通して、実感した速さの変化をグラフに表すと図12・図13のようになる。厳密には、速さが変化するときに加速度が生じているが、平均の速さに気付きやすくするため、階段状に単純化したグラフを用いる。階段状にデコボコしているために比較しにくいことから、平均の考え方により、デコボコを平すことにつなげる。速さを平均化すると図14・図15のようになる。赤の直線が平均の速さを表す。ここで、横一直線になったグラフの意味を読み取り、時間が変化しても速さは変わらないことから、速さを平均化することは、一定の速さ（同じ速さ）で進んでいると考えることであると理解できるようになると考えられる。最後に、平均の速さの値を比較することにより、2台のOZOBOTのどちらが速いかを判断する。

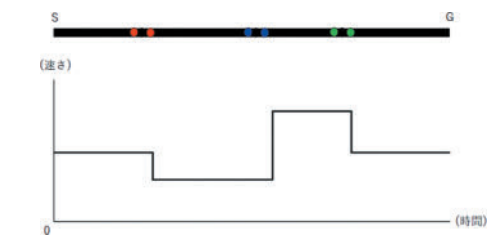


図12 速さの変化（ショートコース）

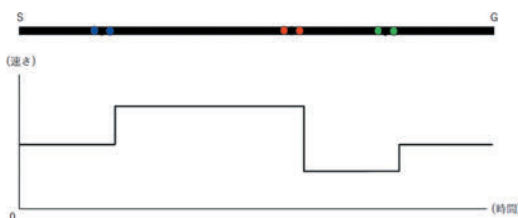


図13 速さの変化（ロングコース）

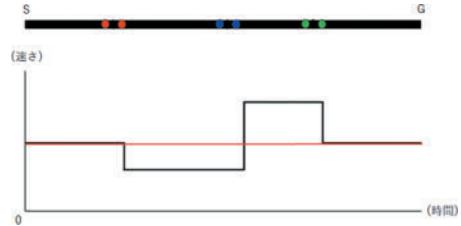


図14 速さの平均化（ショートコース）

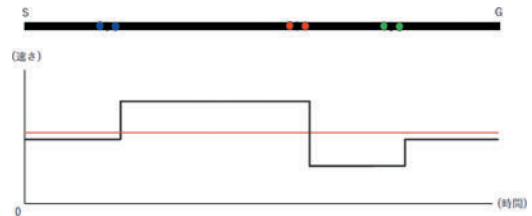


図15 速さの平均化（ロングコース）

5. シンガポールの事例をもとに開発した教材の授業実践とその効果

(1) 授業実践の概要

シンガポールの事例をもとに開発した教材の教育実践を通して、テクノロジーの活用が算数科の深い学びにつながるのかという効果の検証を行うため、第6学年の「拡大図・縮図」の単元において、公立小学校児童29名を対象に授業実践を行った（授業実践にあたり作成した学習指導案及びワークシートは、https://drive.google.com/file/d/1zglAuCKiYezDXBxFlIBZv_2mfng9txM4/view?usp=sharingに掲載）。

前時では図16に示す「明石海峡大橋の長さを、地図上の長さから求める」という課題を扱った。前時の課題においては、明石海峡大橋は直線で表されているため、地図上の長さをものさしで測ることが可能である。なお、前時ではOZOBOTのようなテクノロジーは用いずに授業実践を行った。

本時では図17に示す地図と「学校から目的地までの道のりを調べよう」という問題を提示した。児童は前時の問題との違いから「曲線で表された地図上の道のりを求める」という本時の課題をつかむことができた。

次に、OZOBOTを紹介し、黒い線上を一定の速さで動くという性質のみを説明した後、グ



図16 前時の課題（日本文教出版）



図17 本時の課題

グループごとに自由に OZOBOT を動かす活動を行った。この場面で、児童は自由に線を描きその上を動かしていたが、ワークシートの地図上を動かすグループが見られるようになり、中には $1 \cdot 2 \cdot 3 \cdots$ と時間を数えながら動かし、「8秒くらい動いている」というように時間に着目するグループも見られた。また、いくつかのグループから「ストップウォッチを貸してほしい」という発言が出たため、全体でその発言を共有し、ストップウォッチを使ってどのように問題解決を行うかという見通しを立てる活動に移った。

その後、児童は OZOBOT の速さを調べ、地図上の道のりを OZOBOT が動いた時間から地図上の道のりを求めた。図18は10cmを動いた時間を測ることで、OZOBOT の速さを求めているグループのワークシートである。その他にも、5秒間で動いた道のりから速さを求めようとするグループもあったが、5秒で通過した位置を特定することが難しいため、多くのグループが距離を一定とする方法で速さを調べていた。

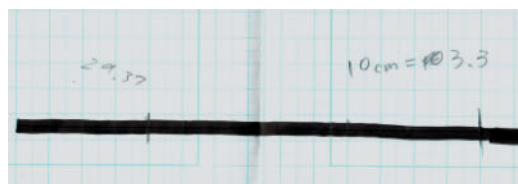


図18 速さの測定に関する児童のワークシート

さらに、調べた地図上の道のりと縮尺から実際の道のりを求め、最後に全体で共有した。各グループの求めた道のりを表1に示す。正確な道のりは107.8kmであり、10グループの求めた道のりの平均が108.8kmであるので、比較的正確に求めることができたと考えられる。しかし、G 3, G 7, G 10については10%以上の誤差が生じている。OZOBOT の速さを求めるために時間を測る場面と、地図上を動いた時間を測る場面において、それぞれ0.3秒程度の誤差が生じた場合、この程度の誤差につながる可能性がある。本実践では、各グループの求めた道のりを発表することにとどまったが、まとめの段階において誤差の可能性を児童と確認し、「全グループの測定値の平均値を学級としての測定値とする」等の「誤差を含む測定値をどの

表1 各グループの求めた道のり

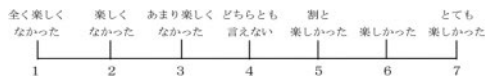
G 1	111.36km	G 6	117.6km
G 2	101.6km	G 7	126.8km
G 3	90.4km	G 8	110.8km
G 4	99.2km	G 9	102km
G 5	105.6km	G 10	122.4km

ように扱うか」について検討する学習活動を取り入れることも重要であったと考える。

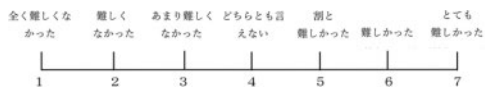
(2) 授業実践の効果

テクノロジーの活用が算数科の深い学びにつながるかを検証するため、授業に関するアンケートと児童のワークシート記述の分析を行った。まず、前時の授業後に以下の5項目についての7段階評価による選択式アンケートを実施した。項目1は「楽しさ」、項目2は「困難さ」、項目3は「主体的な学び」、項目4は「深い学び」、項目5は「対話的な学び」に関する項目である。本実践における深い学びとは、既習内容を関連付けた学びである。

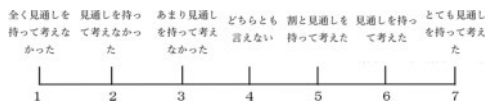
1. 今日の学習は楽しかったですか。



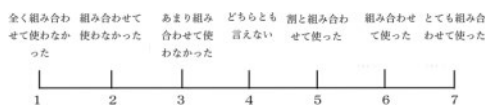
2. 今日の学習は難しかったですか。



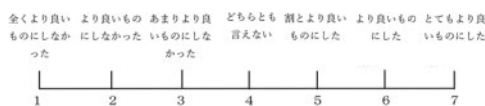
3. 今日の学習では、どのようにしたら解決できるかについて、見通しをもって考えましたか。



4. 今日の学習では、今までに算数で学習したことを組み合わせて使いましたか。



5. 今日の学習では、友だちと話し合いをして、自分たちの考えをより良いものにしていましたか。



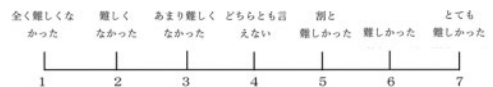
次に、本時の授業後に以下の5項目についての7段階評価による選択式アンケート及び各項目について具体的内容を問う記述式アンケートを実施した。各項目は、前時と同じ観点から構成されている。

1. OZOBOTを使った学習は楽しかったですか。



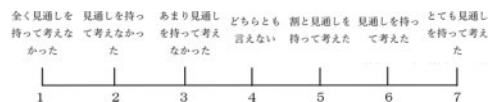
● 普段の授業と比べて、どんな点が楽しかったですか。

2. OZOBOTを使った学習は難しかったですか。



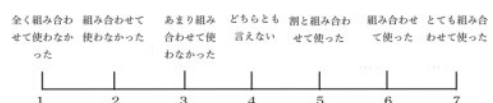
● 普段の授業と比べて、どんな点が難しかったですか。

3. OZOBOTを使った学習では、どのようにしたら解決できるかについて、見通しをもって考えましたか。



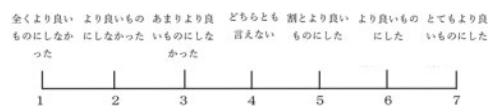
● どのような見通しをもって取り組むことができましたか。

4. OZOBOTを使った学習では、今までに算数で学習したことを組み合わせて使いましたか。



● これまでに勉強したどんなことを組み合わせて使いましたか。

5. OZOBOTを使った学習では、友だちと話し合いをして、自分たちの考えをより良いものにしていましたか。



● 話し合いで、どのようなよりよい考えが出て

きましたか。

前時及び本時における7段階評価によるアンケートの各項目の平均評定値(M), 標準偏差(SD), 相関係数, t 値を表2に示す。

表2 アンケート結果

	項目	1	2	3	4	5
前時	M	4.9	3.5	4.8	4.2	4.9
	SD	1.1	1.7	1.0	1.5	1.4
本時	M	6.4	4.5	5.4	5.7	5.6
	SD	1.2	1.4	1.0	1.2	1.2
	相関係数	0.03	0.39	0.17	-0.09	0.14
	t 値	4.93*	3.13*	2.24*	3.72*	1.77

自由度28における有意水準5%のt 値の臨界値は2.05であるので、項目1の「楽しさ」、項目2の「困難さ」、項目3の「主体的な学び」、項目4の「深い学び」に関して、前時と本時の平均評定値に有意な差があると考えられる。

項目1及び項目2の結果から、児童は本時の課題を前時の課題よりも難しく感じているが、OZOBOTを活用することで、非常に楽しんで学習に取り組めたことが分かる。実践においても、OZOBOTを提示した際に、興味を強くもった児童の反応が見られ、このような情動的側面への影響も、テクノロジーを活用することの意義であると考ええる。また、項目3の結果から、児童は、前時よりも本時の方が、主体的に見通しをもって学習に取り組むことができたことも分かる。図19に児童のワークシートにおける

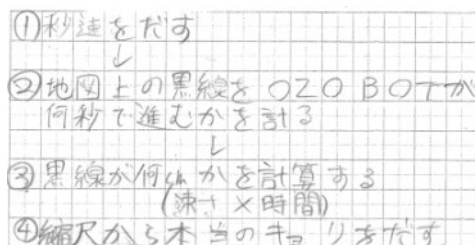


図19 問題解決の見通しに関する児童の記述

る問題解決への見通しに関する記述を示す。

「OZOBOT の速さを求める→地図上の経路を OZOBOT が動く時間を測る→速さと時間から地図上の道のりを求める→縮尺から実際の道のりを求める」というように、主体的な学びとして、見通しをもって一連の活動に取り組むことができていたことが分かる。さらに、項目4の結果から、児童は、前時よりも本時の方が、既習の内容と組み合わせで問題解決に取り組むことができたことが分かる。このことから、OZOBOT というテクノロジーの活用が、本実践における既習内容を関連づけた深い学びにつながるということが明らかになった。児童のワークシートへの記述では、図20に示すように、「地図上の道のり」「OZOBOT の動く速さ」「動いた時間」に着目して問題解決に取り組んでいることが分かる。また、図21の記述のように、OZOBOT の速さを求める際に道のりを固定し、その上を OZOBOT が動いた時間から、速さを求めようという活動も見られた。このように本実践では、第5学年の「速さ」の学習と組み合わせた学習活動を実現することができた。

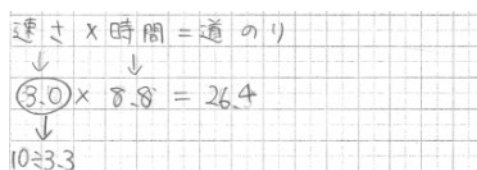


図20 地図上の道のりの測定に関する児童の記述

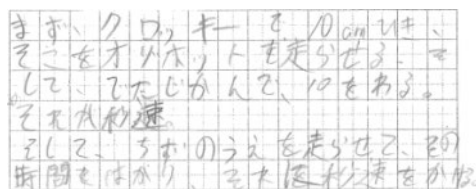


図21 速さの測定方法に関する児童の記述

この速さを調べる活動において、一部の児童は、「速さ・道のり・時間」の関係の理解が十分ではなく、「10cm を OZOBOT が3.2秒で動いた」という結果の解釈について、以下のようなやり取りが観察された。

S1: 3.2を10で割ればいいよね。
 S2: え、違うんじゃない。
 S1: 「み・は・じ」って、どうするんやっけ。
 S3: 1秒にどれだけ動くか調べて、動いた時間をかけるんやから、 $10 \div 3.2$ やろ。

このようなやり取りによって自分たちで正しい認識に到達するグループもあったが、困難なグループには机間指導において、教師から「1秒あたりに進む道のり」という「速さ」の定義を再確認し、児童が正しい認識に気付けるよう指導した。テクノロジーを活用することにより他単元の学習内容と組み合わせた学習活動が展開され、当該単元の学習だけでなく、活用による学び直しを通して、既習内容の不十分な理解を正しい理解につなげることができることも、本実践の価値であると考ええる。

また、このような問題解決の実行過程における話し合いだけでなく、「OZOBOTをどのように使うか」「速さをどのように調べるか」について見通しをもったり、問題解決の構想を立てたりする問題解決の計画過程における話し合い等、授業全体を通して対話的な学びの場面が多く見られた。前時と本時の平均評定値に有意な差はなかったが、対話的な学びの成果は、項目5に関するアンケートの記述回答における図22・図23のような記述に表れている。OZOBOTという使ったことのない道具を活用する場面において、「どのように使うか」を考える必然性が生じ、グループでの対話的な学びがより促進されたと考えられる。

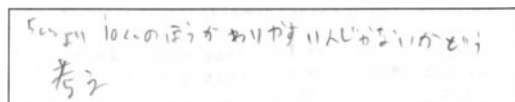


図22 速さの測定方法に関する話し合い

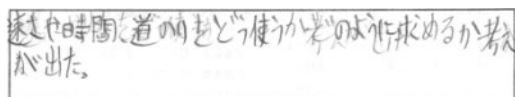


図23 問題解決の構想に関する話し合い

以上のことから、テクノロジーの活用により、児童の主体的な取り組みと対話的な学びが促進され、「拡大図・縮図」の単位における速さと関連づけた問題解決という算数科の深い学びの実現につながることが明らかになった。

6. おわりに

本研究では、学習用具としてのテクノロジーの活用に関心を当て、OZOBOTを活用したシンガポールの3つ事例をもとに改善点について考察し、日本のカリキュラムに適応した算数科における教材開発を行った。また、プログラミングロボットとしてのOZOBOTの特性を生かし、平均の速さを理解する教材開発を行った。さらに、第6学年の「拡大図・縮図」の単位において授業実践を行い、その効果を検証した。

本研究におけるテクノロジーを活用した教材から明らかになった利点として、動的に事象を捉えることができること、「長さ」に関する事象を「時間」という異なる視点からアプローチできることの2点があげられる。また、相互の視点変換の過程において、既習内容の捉え直しや関連付けが必要であることも示唆された。さらに、開発した教材の授業実践を通して、テクノロジーの活用が算数科の深い学びにつながることが明らかになった。新たなテクノロジーの開発がめまぐるしい中、異なる視点からのアプローチというテクノロジー活用の利点は、テクノロジーの特性に基づき、教育とテクノロジーを結びつける重要な視点となると考えられる。また、学習用具としてテクノロジーを用いることが重要なのではなく、テクノロジーを用いた解決過程を既習内容と関連付けたり捉え直したりすることにより、算数科の内容を深く理解することが重要であると言える。

本研究では、算数教育におけるテクノロジーを活用した教材開発に関心を当てていた。そこで、異なる視点からのアプローチというテクノロジー活用の利点に基づき、中学校数学科での教材を開発することが今後の課題である。

付記

本研究は、JSPS KAKENHI Grant Number JP19K02690及び京都女子大学令和2年度「研究経費助成」による助成を受けた研究の成果である。

文献

- 一松信 他62名 (2020)：『みんなと学ぶ小学校算数5年下』，学校図書。
- 川上貴・鐘ヶ江滉一・青山雄太郎・森山誠仁・大森智史・永淵幸輝 (2015)：「グラフ電卓と距離センサーを活用した「速さ」の導入に関する検討―「速さ」未習の児童の「文脈化」に着目して―」，『2015年度数学教育学会春季年会発表論文集』，数学教育学会，pp. 69-71。
- 川上貴・米田重和・浦郷淳・立石耕一・石井豪 (2015)：「「歩く」事象に基づいた算数科「速さ」の導入指導―グラフ電卓と距離センサーを活用して―」，『日本科学教育学会研究会研究報告』，日本科学教育学会，Vol. 30, No. 2, pp. 1-6。
- 川上貴 (2016)：「グラフ電卓と距離センサーを活用した算数科「速さ」の導入指導の留意点―大学公開講座の取組から―」，『西九州大学子ども学部紀要』，第7号，pp. 57-66。
- 小山正孝 他27名 (2020)：『小学算数6年』，日本文教出版。
- Ministry of Education Singapore：「ICT Masterplans in the Singapore Education System」
<http://www.unesco.org/new/fileadmin/MULTIMEDIA/HQ/ED/images/singapore.pdf> (2020年10月15日閲覧)
- 文部科学省 (2014)：「学びのイノベーション事業実証研究報告書」，
https://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chousa/shougai/030/toushin/1346504.htm (2020年10月15日閲覧)
- 文部科学省 (2011)：「教育の情報化ビジョン～21世紀にふさわしい学びと学校の創造を目指して～」，
https://www.mext.go.jp/component/a_

- menu/education/micro_detail/_icsFiles/afieldfile/2017/06/26/1305484_01_1.pdf (2020年10月15日閲覧)。
- 文部科学省 (2019)：「GIGA スクール構想の実現について」，
https://www.mext.go.jp/a_menu/other/index_00001.htm (2020年10月15日閲覧)。
- 佐伯昭彦・末廣聡・中谷亮子・土田理 (2013)：「現象の変化とグラフを関連づける表現力の育成に関する事例研究―歩く動作と「時間と距離のグラフ」の関係を考察する遠隔協同学習―」，『数学教育学会誌』，数学教育学会，Vol. 53, No. 3・4, pp. 107-119。
- 佐伯昭彦・土田理・末廣聡・中谷亮子・松崎明雄 (2013)：「歩く事象の変化とグラフを関連づける表現力を高めるための実験授業―他者を意識した「グラフの伝書」作り―」，『日本数学教育学会誌』，日本数学教育学会，第95巻，第11号，pp. 2-10。
- 坂井武司・赤井秀行 (2020)：「幼児教育におけるプログラミング教材の開発に関する研究」，『学長採択型課題解決プロジェクト「教育学専攻・児童学科と京都幼稚園との教育研究連携」報告書』，京都女子大学発達教育学部教育学科教育学専攻・児童学科，pp. 28-37。
- 初等中等教育におけるITの活用の推進に関する検討会議 (2002)：「ITで築く確かな学力～その実現と定着のための視点と方策～―報告書―」，
https://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chousa/shotou/021/toushin/020901.pdf (2020年10月15日閲覧)。
- 清水静海 他123名 (2020)：『わくわくさんすう1』，啓林館。
- 清水静海 他123名 (2020)：『わくわく算数5』，啓林館。
- 清水静海 他123名 (2020)：『わくわく算数6』，啓林館。
- 総務省 (2014)：「フューチャースクール推進事業」，https://www.soumu.go.jp/main_sosiki/joho_tsusin/kyouiku_joho-ka/future_school.html (2020年10月15日閲覧)。